

# METHOD AND APPARATUS FOR ENCODING MODULATION

Publication number: JP4322592

Publication date: 1992-11-12

Inventor: RIIFUANGU UEI

Applicant: AMERICAN TELEPHONE & TELEGRAPH

Classification:

- international: H04B14/04; H03M13/23; H03M13/35; H04L1/00; H04L27/34; H04N5/44; H04N7/08; H04N7/24; H04N7/30; H04B14/04; H03M13/00; H04L1/00; H04L27/34; H04N5/44; H04N7/08; H04N7/24; H04N7/30; (IPC1-7): H03M13/12; H04B14/04; H04N7/133

- European: H03M13/35; H04L27/34C3A; H04L27/34M; H04N5/44N; H04N7/08; H04N7/24A

Application number: JP19910302628 19911023

Priority number(s): US19900611200 19901107

Also published as:



EP0485108 (A)

US5105442 (A)

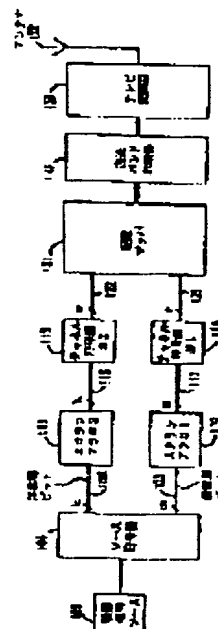
EP0485108 (A)

EP0485108 (B)

Report a data error here

## Abstract of JP4322592

**PURPOSE:** To obtain high noise with standing by providing error protection with differing levels to data elements of different classes generated in a source coding step. **CONSTITUTION:** A video signal source 101 generates an analog video signal. A coder 104 generates a digital signal, whose data element part is more important than the remaining parts.  $(m+k)$  sets of information bits are generated at  $N$  sets of signaling intervals, and each symbol interval is set to  $NT$  seconds. In a two-dimensional arrangement ( $N=1$ ), a relation of signaling interval = symbol interval holds. On lines 105, 106,  $m$ -bits and  $k$ -bits per symbol interval appear and the  $m$ -bit information is more important than the  $k$ -bit information. Scramblers 110, 111 are used to apply serial - parallel conversion to the bits. Then channels coders 114, 115 generate respectively extended  $r$ ,  $p$  bit-groups ( $r>m$ ,  $p>k$ ). Bit values are used to identify a specific channel symbol, and an array mapper 131 provides an output of complex planar coordinates. The resulting signal is broadcasted via a pass-band forming device 141 and a TV modulator 151.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平4-322592

(43) 公開日 平成4年(1992)11月12日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 N 7/133	Z	8838-5C		
H 0 3 M 13/12		7259-5J		
H 0 4 B 14/04	Z	4101-5K		

審査請求 未請求 請求項の数21(全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平3-302628

(22) 出願日 平成3年(1991)10月23日

(31) 優先権主張番号 6 1 1 2 0 0

(32) 優先日 1990年11月7日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390035493

アメリカン テレフォン アンド テレグラ  
フ カムパニー

AMERICAN TELEPHONE  
AND TELEGRAPH COMPA  
NY

アメリカ合衆国、ニューヨーク、ニューヨ  
ーク、マディソン アヴェニュー 550

(72) 発明者 リーフアング ウエイ

アメリカ合衆国 07738 ニュージャージ  
ー、リンクロフト、エール ドライブ  
200

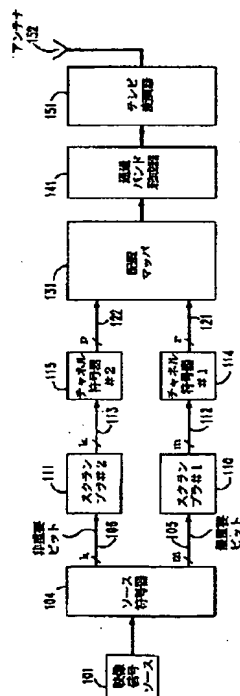
(74) 代理人 弁理士 三俣 弘文

(54) 【発明の名称】 符号化変調方法および装置

(57) 【要約】

【目的】 データの重要度に応じて、複数レベルの誤り保護が可能な符号化を実現する。

【構成】 デジタル信号（例えば、デジタル化されたテレビ信号）が、ソース符号化ステップに従う。このステップでは、伝送される情報量のうち、「最重要」データ要素のクラスが、残りのデータ要素よりも多くなる。続いて、配置マッピング・ステップが、最重要データ要素が受信機で誤って検知される確率が他よりも低くなるように、実行される。「最重要」データ要素クラスに対して高いノイズ耐性を実現するために、配置マッピング・ステップは符号化変調法を使用する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1拡張群のデータ要素を生成するために第1群のデータ要素を符号化するステップと、第1拡張群のデータ要素に応じて、所定のチャンネル・シンボル配置の複数のスーパーシンボル（各スーパーシンボルはそれぞれ配置の複数のシンボルからなる）のうちの1つを識別するステップと、第2群のデータ要素に少なくとも応じて、識別されたスーパーシンボルのシンボルのうちの1つを選択するステップと、選択されたシンボルを表現する信号を通信チャンネルに送るステップとからなり、スーパーシンボルのうちの少なくとも1つのシンボルのうちの少なくとも1つずつの間の最小距離が、配置全体のシンボル間の最小距離と等しいことを特徴とする符号化変調方法。

【請求項2】 選択ステップが、第2拡張群のデータ要素を生成するために前記第2群のデータ要素を符号化するステップと、第2拡張群のデータ要素に応じて、前記1つのシンボルを選択するステップからなることを特徴とする請求項1の方法。

【請求項3】 前記符号化ステップが、前記第1群のデータ要素をトレリス符号化するステップを含むことを特徴とする請求項1の方法。

【請求項4】 ソース符号化入力情報によって、前記第2群のデータ要素によって表現される前記情報の部分よりも、前記第1群のデータ要素が表現する前記情報が重要であるように、前記データ要素を生成するステップからなることを特徴とする請求項1の方法。

【請求項5】 前記情報がテレビ情報であることを特徴とする請求項4の方法。

【請求項6】 前記識別ステップの前に、第1拡張群のデータ要素を再配置するステップからなることを特徴とする請求項1の方法。

【請求項7】 前記スーパーシンボルのうちの少なくとも1つが、少なくとも2つの隣接しない群のシンボルからなることを特徴とする請求項1の方法。

【請求項8】 送信機によって受信機に伝送されたインテリジェンスを受信する受信機において使用される方法において、前記送信機が、各シンボル間隔に付随する $m+k$ 個のデータの連続する群をチャンネル符号化することに適合し、前記間隔のそれぞれにおいて実行されるステップが、a)  $r$ ビットの拡張群を生成するために、第1の所定の符号を使用して1つの群の $m$ 個のビット（ $r > m$ ）を符号化するステップと、b) 所定のチャンネル・シンボル配置の2'個のスーパーシンボルのうちの1つを、前記 $r$ ビットの値の関数として識別するステップ（前記スーパーシンボルはそれぞれ、それに割り当てられた前記配置の複数のシンボルからなり、各スーパーシンボルのシンボル間の最小距離は配置全体のシンボル間の最小距離と等しい）と、c) 識別された1つのスーパーシンボルのチャンネル・シンボルのうちの選択された1

つを表現する信号を生成するステップ（この選択は、前記1つの群の他の $k$ ビットの値の関数として実行される）と、d) 前記信号を前記受信機へ通信チャンネルを通じて伝送するステップとからなり、前記方法が、前記チャンネルから前記信号を受信するステップと、前記受信信号から前記インテリジェンスを回復するステップとからなり、前記回復ステップが、前記第1所定符号、前記配置に関して前記受信機に格納された情報と、前記シンボルがそれぞれのスーパーシンボルに割り当てられている方法に応じて実行されることを特徴とする符号化変調方法。

【請求項9】 送信機における信号生成ステップが、a)  $p$ ビット（ $p > k$ ）の第2拡張群を生成するために第2の所定の符号を使用して前記群のうちの1つの他の $k$ ビットを符号化するステップと、b) 第2拡張群のデータ・ビットに応じて前記1つのシンボルを選択するステップからなり、前記回復ステップが、前記第2所定符号に関して前記受信機に格納された情報に応じて実行されることを特徴とする請求項8の方法。

【請求項10】 前記インテリジェンスがテレビ情報であることを特徴とする請求項9の方法。

【請求項11】 前記回復ステップが、最尤復号化法を使用して前記連続する群のデータ・ビットを回復するために、受信信号を復号化するステップからなることを特徴とする請求項10の方法。

【請求項12】 連続するシンボル間隔中に $m+k$ 個のデータ・ビットの各群をチャンネル符号化する装置において、 $r$ ビット（ $r > m$ ）の拡張群を生成するために、前記群のうちの1つの $m$ ビットを符号化する手段と、所定のチャンネル・シンボル配置の2'個のスーパーシンボルのうちの1つを、前記 $r$ ビットの値の関数として識別する手段（前記スーパーシンボルはそれぞれ、それに割り当てられた前記配置の複数のシンボルからなる）と、識別された1つのスーパーシンボルのチャンネル・シンボルのうちの選択された1つを表現する信号を生成する手段（この選択は、前記1つの群の他の $k$ ビットの値の関数として実行される）とからなり、各スーパーシンボルのシンボル間の最小距離が配置全体のシンボル間の最小距離と等しいことを特徴とする符号化変調装置。

【請求項13】 前記データ・ビットがテレビ情報を表現することを特徴とする請求項12の装置。

【請求項14】 ソース符号化入力情報によって、前記 $k$ ビットによって表現される前記情報の部分よりも、前記 $m$ ビットが表現する前記情報が重要であるように、前記データ・ビットを生成する手段からなることを特徴とする請求項13の装置。

【請求項15】 前記生成手段が、 $p$ ビット（ $p > k$ ）の拡張群を生成するために前記群のうちの1つの他の $k$ ビットを符号化する手段と、 $p$ ビットの前記拡張群に応じて前記1つのシンボルを選択する手段とからなること

3

を特徴とする請求項14の装置。

【請求項16】 前記mビットおよびkビット符号化手段が、前記mおよびkビットをそれぞれトレリス符号化する手段からなることを特徴とする請求項15の装置。

【請求項17】 前記スーパーシンボルのうちの少なくとも1つずつがそれぞれ、少なくとも2つの隣接しない群のシンボルからなることを特徴とする請求項15の装置。

【請求項18】 前記識別ステップの前に、前記拡張群のrビットを再配置する手段からなることを特徴とする請求項16の装置。

【請求項19】 送信機によって受信機に伝送されたインテリジェンスを受信する受信機において使用される装置において、前記送信機が、a) 第1拡張ストリームのデータ要素を生成するために第1の所定の符号を使用して第1ストリームのデータ要素を符号化し、b) 第1拡張ストリームのデータ要素に応じて、所定のチャネル・シンボルのスーパーシンボルのシーケンスを識別し（スーパーシンボルのうちの少なくとも1つのシンボルのうちの少なくとも1つずつの間の最小距離は、配置全体のシンボル間の最小距離に等しい）、c) 第2拡張ストリームのデータ要素を生成するために第2の所定の符号を使用して第2ストリームのデータ要素を符号化し、d) 少なくとも、第2拡張ストリームのデータ要素の関数として、前記シーケンスの各スーパーシンボルのシンボルのうちの1つを選択し、e) 選択されたシンボルを表現する信号を通信チャネルに送る手段からなり、前記装置が、通信チャネルからの信号を受信する手段と、前記第1ストリームの出た要素を回復するために受信信号に対して最尤復号化動作を実行し、前記第2ストリームのデータ要素を回復するために受信信号に対して第2の最尤復号化動作を実行する手段とからなることを特徴とする符号化変調装置。

【請求項20】 前記第1および第2の符号がトレリス符号であることを特徴とする請求項19の装置。

【請求項21】 前記インテリジェンスがテレビ情報であることを特徴とする請求項19の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、デジタル・データの伝送、特に映像信号を表すデジタル・データの伝送に関する。

【0002】

【従来の技術】通常高品位テレビ（HDTV）と呼ばれている次世代のテレビには、何らかの形式のデジタル伝送が要求されることが一般的に認められている。この要求は、アナログ信号処理よりもデジタル信号処理のほうが、ずっと強力な映像圧縮方式を実現可能であるという事実に基づいている。しかし、さまざまな受信地点での信号対ノイズ比（SNR）の小さな変動に対する

4

デジタル伝送の潜在的な感受性のため、完全デジタル伝送システムに頼ることは懸念がある。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】この現象（「しきい値効果」と呼ばれることがある）は、テレビ放送局からそれぞれ50および63マイルに位置する2つのテレビ受信機の場合を考えることによって例示することができる。放送信号の強度は大体距離の逆2乗に従って変化するので、それらのテレビ受信機によって受信される信号強度の差は約2dBであることが容易に確かめられる。

【0004】いま、デジタル伝送方式が使用され、50マイル離れた受信機への伝送が、 $10^{-6}$ のビット誤り率を示すと仮定する。もう一方のテレビに対する2dBの追加信号損失は、受信機の入力でのSNRの2dBの減少となるならば、この受信機は約 $10^{-4}$ のビット誤り率で動作することになる。この程度のビット誤り率では、50マイル離れたテレビは非常に良好な受信をするが、もう一方のテレビの受信はおそらく非常に劣悪になる。短距離にわたる性能のこの種の急速な劣化は、放送産業では一般的に受容可能と見なされない。（比較すると、現在使用されているアナログTV伝送方式の性能劣化はずっと小さい。）

【0005】従って、この問題を解決するための、テレビ・アプリケーションにおける使用に適合するデジタル伝送方式が要求される。他のデジタル伝送環境において使用されている解決法、例えば、a) ケーブル・ベースの伝送システムにおける再生中継器の使用や、b) 音声バンド・データ・アプリケーションにおける代替データ速度や条件付き電話線の使用は、テレビの自由空間放送環境には明らかに適用できない。

【0006】標準的なデジタル伝送の欠点を克服する、デジタルTV信号の無線放送のための有利な技術（本発明の発明者の従業員によって開発された）は、特殊なソース符号化ステップと、それに続く特殊なチャネル・マッピング・ステップからなる。特に、ソース符号化ステップは、テレビ信号を2個以上のデータ・ストリームで表し、一方チャネル・マッピング・ステップでは、マッピングは、さまざまなデータ・ストリームのデータ要素が受信機で誤って検知される確率が相異なるようなものである。

【0007】例えば、前記第1のデータ・ストリームは、最も重要と見なされる全テレビ信号の成分（例えば、音声、フレーミング情報、および映像情報の重要部分）を搬送し、データ・ストリームは、そのデータ要素が最小の誤り確率を有するようにマッピングされる。第2のデータ・ストリームは、第1データ・ストリームに比べてあまり重要でないと見なされる全テレビ信号の成分を搬送し、データ・ストリームは、そのデータ要素が第1データ・ストリームほど小さくない誤り確率を有するようにマッピングされる。

【0008】一般的に、全テレビ信号を任意数のデータ・ストリームで表現し、それぞれさまざまな重要性を有する成分を搬送し、それぞれの誤り確率を有することが可能である。この方法によって、テレビ受信機の地点での受信品質の小さい劣化が実現される。その理由は、受信機のビット誤り率が放送送信機からの距離が増大するとともに増大し始めると、比例してテレビ信号情報の非重要部分を表現するビットが最初に影響を受けるためである。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、ソース符号化ステップで生成された相異なるクラスのデータ要素に対して、相異なるレベルの誤り保護を与えるという上記の全概念を実現する方式が開示される。この方式は、符号化変調（例えば、トレリス符号化変調）の使用によって高度なノイズ耐性を有する。

【0010】特に、本発明の所望される実施例では、所定の $2N$  ( $N \geq 1$ ) 次元チャネル・シンボル配置のシンボルが群に分割される。各群はここでは「スーパーシンボル」と呼ばれる。各シンボル間隔ごとに、所定数の最  
20 重要データ要素がチャネル符号化され、生じたチャネル符号化データ要素は個々のスーパーシンボルを識別する。残りのデータ要素もまたチャネル符号化され、識別されたスーパーシンボルから伝送のために特定のシンボルを選択するために使用される。

【0011】従来の符号化変調方式もまたチャネル・シンボルを、一般的に「サブセット」と呼ばれる群に分割するという点で、ここまで説明された方法は、一般的に、従来の方式と類似している。しかし、従来のサブ  
30 セットは、サブセット内のシンボル間の最小ユークリッド距離（以後「最小距離」と呼ぶ）が配置全体のシンボル間の最小距離よりも大きいという制約のもとで形成される。

【0012】しかし本発明によれば、スーパーシンボルのシンボル間の最小距離は、配置全体のシンボル間の最小距離に等しい。この距離の性質によって、最重要データ要素に対するノイズ耐性が、他のデータ要素に対するものよりも大きくなり、この耐性はスーパーシンボル間の最小距離をできるだけ大きく保持（通常、配置の最小距離よりも大きい）することによって最適化される。特  
40 に、いったんスーパーシンボルが定義されると、スーパーシンボル間の距離に基づいて、すなわち、あたかも各スーパーシンボルが従来の配置内の従来のシンボルであるかのように、最重要データ要素に対する符号を設計することができる。このため、最重要データ要素に対して、他のデータ要素に対して達成されるよりも大きい、特別の程度のノイズ耐性が達成される。

【0013】実際には、そうした他のデータ要素が符号化損失を受けること、すなわち、いくらか低いノイズ耐性にトレードオフが関係する。しかし、重要なことは、

最重要データ要素に対して達成される符号化利得が、従来の符号化変調方式を使用して達成されるものよりも大きいということである。

【0014】

【実施例】実施例の説明に進む前に注意されるべきことだが、ここで記述されるさまざまなデジタル・シグナリングの概念（もちろん、本発明の概念自体は除く）はすべて、例えばデジタル無線および音声バンド・データ伝送（モデム）技術分野では周知であり、ここで詳細に説明される必要はない。これらは、 $2N$ 次元チャネル・シンボル配置 ( $N$ はある整数) を使用した多次元シグナリング、トレリス符号化、スクランプリング、通過バンド形成、等化、ビテルビまたは最尤復号化などの概念を含む。

【0015】これらの概念は、米国特許第3,810,021号（1974年5月7日発行、発明者：I. Kalet他）、米国特許第4,015,222号（1977年3月29日発行、発明者：J. Werner）、米国特許第4,170,764号（1979年10月9日発行、発明者：J. Salz他）、米国特許第4,247,940号（1981年1月27日発行、発明者：K. H. Mueller他）、米国特許第4,304,962号（1981年12月8日発行、発明者：R. D. Fracassi他）、米国特許第4,457,004号（1984年6月26日発行、発明者：A. Gersho他）、米国特許第4,489,418号（1984年12月18日発行、発明者：J. E. Mazo）、米国特許第4,520,490号（1985年5月28日発行、発明者：L. Wei）、および米国特許第4,597,090号（1986年6月24日発行、発明者：G. D. Forney, Jr.）のような米国特許に開示されている。

【0016】図1を参照すると、映像信号ソース101が、画像情報すなわち「インテリジェンス」を表現するアナログ映像信号を生成し、この信号はソース符号器104に渡される。ソース符号器104は、データ要素のうち少なくとも1つのサブセットが表現する情報すなわちインテリジェンスの部分が、データ要素の残部によって表現される情報すなわちインテリジェンスの部分よりも重要であるようなデジタル信号を生成する。

【0017】例えば、各データ要素はデータ・ビットであり、 $m+k$ 個の情報ビットが、連続するシンボル間隔のそれぞれに対して生成される。シンボル間隔は、 $N$ 個のシグナリング間隔からなる。ただし、 $2N$ は配置（以下参照）の次元である。シグナリング間隔は $T$ 秒間の持続時間を有し、従って、各シンボル間隔は $NT$ 秒間の持続時間を有する。 $2$ 次元配置（すなわち $N=1$ ）を使用した実施例ではもちろん、シグナリング間隔とシンボル間隔は同一である。

【0018】上記の $m+k$ 個の情報ビットのうち、リード線105に現れる、シンボル間隔あたり $m$ ビットのス

トリーム内のビットは、リード線106に現れる、シンボル間隔あたり $k$ ビットのストリーム内のビットよりも重要である。この種類のテレビ信号を生成する方法の2つの例が以下で説明される。

【0019】リード線105および106上のビットは独立にスクランブラ110および111でスクランブルされ、これらのスクランブラはそれぞれリード線112および113に $m$ および $k$ 個の並列ビットを出力する。

(スクランプリングは、通常直列ビット・ストリームに対して実行される。従って、図1には明示されていないが、スクランブラ110および111は、スクランプリングの前にそれぞれの入力ビットに対して並列-直列変換を実行し、出力において直列-並列変換を実行するものと仮定する。)

【0020】本発明によれば、以下で詳細に説明されるように、リード線112および113上のビットの各群はチャンネル符号器(例えばトレリス符号器)114および115に送られる。このチャンネル符号器は、各シンボル間隔に対して、リード線121および122上に、それぞれ拡張された $r$ および $p$ ビットの拡張された群を生成する(ただし、 $r > m$ および $p > k$ )。

【0021】これらのビットの値はともに、チャンネル・シンボルの所定の配置(例えば、以下で詳細に説明される図4の配置)の特定のチャンネル・シンボルを識別する。識別されたチャンネル・シンボルの複素平面座標が配置マップ131によって出力される。配置マップ131は、例えば、参照テーブルとして、または、論理素子の直接の組合せとして実現される。続いて、従来の通過バンド形成およびテレビ変調がそれぞれ通過バンド形成器141およびテレビ変調器151によって実行される。続いて、生じたアナログ信号は、アンテナ152を介して通信チャンネル(この場合は自由空間チャンネル)上に放送される。

【0022】本発明の理論的基礎を理解するためには、ここで図3を考察してみることが有用である。図3は、デジタル無線および音声バンドデータ伝送システムで通常使用される型の標準的な2次元データ伝送配置を示す。この標準的な方式(通常、直交振幅変調(QAM)と呼ばれる)では、それぞれ4個の情報ビットからなるデータ・ワードは、それぞれ16個の可能な2次元チャンネル・シンボルのうちの1つにマッピングされる。

【0023】各チャンネル・シンボルは、水平軸上の同相(I)座標および垂直軸上の直交位相(Q)座標を有する。各軸上では、チャンネル・シンボル座標は±1または±3であるため、各シンボルと、それに水平または垂直に隣接する各シンボルとの間の距離が全シンボルに対して等しい(その距離は「2」)。この一様な間隔のため、4個の情報ビットのすべてに対して本質的に同一のノイズ耐性が与えられる。

【0024】周知のように、符号化変調法を使用して、

バンド幅効率(シグナリング間隔あたりの情報ビット数)を犠牲にすることなく、ノイズ耐性を改善することが可能である。符号化変調法では、(この例では)16個より多くのシンボルを有する「拡張された」2次元配置が、トレリスまたはその他のチャンネル符号とともに使用される。例えば、上で引用した本発明者の特許(米国特許第4,520,490号)は、8状態トレリス符号を使用した32シンボルの2次元配置の使用を開示している。この符号化変調方式は、信号間隔あたり4個の情報ビットの伝送を実現しつつ、図3の符号化されない場合に対して約4dB強化されたノイズ耐性を達成する。しかし、4個の情報ビットのすべてに対して本質的に同一のノイズ耐性が与えられることに変わりはない。

【0025】本発明によれば、異なるクラスのビットに対して異なるレベルの誤り保護を実現しつつ、符号化変調のノイズ耐性およびバンド幅効率の従来の利点が達成される。特に、「最重要」ビットのクラスに対して、上記の従来の符号化変調法によって達成可能なものよりも非常に高いレベルの誤り保護を達成することが可能であることを発見した。実際、図1の送信機は、これから詳細に説明されるように、本発明の概念を実現する。

【0026】図1の送信機で使用される配置は、例えば、図4に示される2次元64シンボル配置(図中では各シンボルは点で表す)である。本発明によれば、信号配置中のシンボルは、「スーパーシンボル」と呼ばれる群に分割される。特に、図4の配置は、 $2^4 = 2^3 = 8$ 個のスーパーシンボルに分割される。000、011、100および111とラベルされた4個のスーパーシンボルはそれぞれ、そのスーパーシンボルに割り当てられた8個の隣接するチャンネル・シンボルからなる。

【0027】001、010、101および110とラベルされたその他の4個のスーパーシンボルはそれぞれ、2個の隣接しない群からなり、その各群は4個の隣接するチャンネル・シンボルからなる。(このような2群のスーパーシンボルの使用により、配置全体が、例えば、他の場合よりも良好な信号対ノイズ比、低いピーク対平均パワー比および良好な対称性を有することが可能となる。)

【0028】この例では、 $m = k = 2$ である。すなわち、50%のビットが最重要ビットのクラスに属する。符号器114および115はそれぞれ1個の冗長ビットを付加するため、 $r = p = 3$ となる。リード線121上の $r = 3$ ビットは8個のスーパーシンボルのうちの1個を識別し、リード線122上の $p = 3$ 個のシンボルは、識別されたスーパーシンボル内の8個のチャンネル・シンボルのうちの特定の1個を選択する。

【0029】本発明の重要な目的によれば、スーパーシンボルのシンボル間の最小距離(この距離は $d_s$ と表される)は、全配置内のシンボル間の最小距離と同一である。実際、図4ではこの基準が満たされていることが視

察によって確認される。この特性が与えられると、最重要ビットに対する高いノイズ耐性が、a) 符号器114および115によって生成される符号、および、b)  $d_1/d_2$  (ただし、 $d_1$ はスーパーシンボル間の最小距離)の適切な選択によって実現される。(パラメータ $d_1$ はスーパーシンボルの全ペア間の距離の最小値によって与えられる。また、スーパーシンボルの任意のペア間の距離は、そのスーパーシンボルのペアのうちの一方の任意のシンボルと、もう一方の任意のシンボルの間の最小距離である。)

【0030】ここで、特に、最重要ビットに対して、符号化変調方式が、8個のスーパーシンボルが従来の配置における8個の従来のシンボルであるかのように構成される。(従来の配置では、シンボルは、スーパーシンボル001、010、101および110の場合のように半分に分割されることはできない。しかし、符号化設計のためには、半分になったスーパーシンボルのうちのそれぞれを、2つの位置のうちの一方のみに位置するものとして扱うことが可能である。)

【0031】このような符号化変調方式を設計するためには、8個のスーパーシンボルは、従来のように、所定数のサブセットに分割され、最重要入力ビットのうちのいくつかを符号化するために適当な符号が使用され、この入力ビットは、サブセットのシーケンスを定義する符号化された出力ビットのストリームを生成する。残りの最重要入力ビットは、識別された各サブセットからスーパーシンボルを選択するために使用される。

【0032】この特殊例では、各サブセットが単一のスーパーシンボルを含み(すなわち、8個のサブセットが存在する)、すべての最重要入力ビット(リード線112上の2ビット)が符号化される。従って、特定のサブセットの識別によって、特定のスーパーシンボルもまた識別される。最終的に伝送されることになるシンボルが他の非重要ビットの関数として選択されるのは、この特定のスーパーシンボルからである。

【0033】この方法によれば、分割および選択された符号によって、他のすべてのことは同一のまま、非重要データ要素に対して達成可能なノイズ耐性よりも高い(従って、従来の符号化変調で達成可能なノイズ耐性よりも高い)ノイズ耐性が達成される。

【0034】上記のように、リード線113上の非重要ビットは、伝送のために識別されたスーパーシンボルから特定のシンボルを選択するために使用される。所望される実施例では、この選択もまた符号化変調の使用を含み、非重要ビットのうちの少なくともいくつかはスーパーシンボル内のシンボルの特定のサブセットを識別するために符号化され、そのサブセットが複数のシンボルを含む場合、残りの任意のビットがそれらのシンボルのうちの特定の1個を選択するために使用される。(スーパーシンボル内のシンボルの配置は、もちろん、符号化利

得を最大にするように、符号器115とともに選択されるべきである。)

【0035】再びこの例では、各スーパーシンボル内にシンボルのサブセットが8個存在し(すなわち、サブセットあたり1個のシンボル)、リード線113上の非重要ビットは両方とも符号化される。従って、リード線122上の3個の符号化されたビットは、一度にかつ同時に、前に識別されたスーパーシンボルからのサブセットおよび特定のシンボルの両方を識別する。

10 【0036】符号器114および115の両方に対する特殊実施例が図6に示されている。(この図では、「T」とラベルされた四角形はT秒間遅延要素、「+」トラベルされた円は排他的ORゲートであり、2入力ゲートはANDゲートであり、そのうちの1つは入力の方が反転されている。)上記のように、符号器114の3ビット出力は特定のスーパーシンボルを識別する。

【0037】特に、符号器114によって3本の出力リード線(図6を上から下に読む)に出力されたビット値「110」は、図4で110トラベルされたスーパーシンボルを識別し、他の7個の可能な各ビット・パターンに対しても同様である。さらに、符号器115の3ビット出力は、識別されたスーパーシンボル内の特定のシンボルを選択する。特に、スーパーシンボル内の特定のチャネル・シンボルへのビット値の割当が、図4の配置の右上象限に対して、図5に示されている。

【0038】他の3個の象限に対するビット割当方式は、図5を単に回転することによって得られる。従って、例えば、符号器115によって3本の出力リード線(上から下に読む)に出力されたビット値「001」は、識別されたスーパーシンボルで001とラベルされたチャネル・シンボルを識別する。このようなシンボルは各スーパーシンボル内に1個存在する。

【0039】特定のトレリス符号の使用が図6の符号器によって実現されると、 $d_1$ および $d_2$ の値を変化させることによって、さまざまな動作パラメータのトレードオフが達成される。図4の配置に対する2つの可能性が図7の表に示されている。特に、 $d_1/d_2=2.5$ の場合、5.7dBの符号化利得(図3に示すような非符号化16QAM方式(本例と同一のバンド幅効率を有する)と比較して、1,000ビットのブロック・サイズに対し $10^{-3}$ のブロック誤り率で測定)が最重要ビットに対して達成され、このとき非重要ビットに対しては-2.8dBの符号化利得(すなわち、符号化損失)である。

【0040】また、 $d_1/d_2=3.5$ の場合、最重要ビットに対して6.6dBの符号化利得が達成され、このとき非重要ビットに対しては-4.6dBの符号化利得である。ピーク対平均パワー比は約「2」であり(ここで説明されているすべての例の場合と同様)、これは従来の非符号化変調で達成されているものと同等である。

11

【0041】図2の受信機を参照すると、アナログ放送信号がアンテナ201によって受信され、例えば処理装置211での復調を含む従来のテレビ・フロントエンド処理を受け、A/D変換器212によってデジタル形式に変換される。次に、信号は通過バンド・チャンネル等化器221によって等化され、平行レール222および223を通して、チャンネル復号器231および232へ渡される。

【0042】各チャンネル復号器は、例えば、ビテルビ復号器のような最尤復号器である。特に、チャンネル復号器231の機能はスーパーシンボルの最尤シーケンスを識別することであり、一方チャンネル復号器232の機能は、そのスーパーシンボルのシーケンスによって与えられるシンボルの最尤シーケンスを識別することである。従って、復号器231は、チャンネル符号器114によって使用された符号に関する情報を内部に格納し、復号器232はチャンネル符号器115によって使用された符号に関する情報を内部に格納する。さらに、これら2個の復号器は、それらの間で、使用された配置、および、シンボルが各スーパーシンボルに割り当てられた方法に関する情報を内部に格納する。

【0043】チャンネル復号器231において、復号の第1ステップは、各サブセットにおいて、受信されたシンボル（例えば、図4および図5で「A」で示された点）に最も近いスーパーシンボルまたは半スーパーシンボルを発見するステップである。この場合、サブセットあたりただ1つのスーパーシンボルが存在することに注意する。チャンネル復号器231は、各スーパーシンボルまたは半スーパーシンボルに対して信号空間における1つの特別な地点を仮定する。3個のこのような地点が、図4の「x」で示されている。他の地点も同様に位置づけられる。

【0044】こうして、スーパーシンボルまたは半スーパーシンボルと受信シンボルの間の距離が決定される。（受信シンボルとスーパーシンボルまたは半スーパーシンボルの間の距離は、受信シンボルと、（半）スーパーシンボルの先に定義された地点の間の距離である。）この後、復号化は、ビテルビ復号器が従来の符号化変調システムで従来のシンボルの最尤シーケンスを発見するように動作するのとまったく同一の方法で、伝送されたスーパーシンボルの最尤シーケンスを発見するステップに、進む。

【0045】チャンネル復号器232の動作について、図5を参照しながら説明する。第1ステップは、シンボルが常に、例えばいわゆる第1象限（図5に示された象限）に存在するように、受信されたシンボルを90度の整数倍だけ回転するステップである。続いて、回転されたシンボルが、スーパーシンボル000、または、スーパーシンボル001および101の第1象限の半分のうちの1つのいずれに近いかが決定される。

12

【0046】この後、スーパーシンボルまたは2個の半スーパーシンボル（この復号手続きでは、これら2個の半スーパーシンボルが同一のスーパーシンボルに属しているかのように扱われる）のシンボルの各サブセットに対し、受信シンボルに最も近いシンボルが識別され、それらの間の距離が計算される。続いてこの情報はチャンネル復号器232によって、伝送シンボルの最尤シーケンスを識別する（非重要ビットを回復するため）ために使用される。換言すれば、伝送シンボルの最尤シーケンスのこの決定は、非重要ビットを抽出するためにのみ使用される。重要ビットは上記のようにチャンネル復号器231から回復される。

【0047】復号器232を実現するもう1つの方法は、復号器231が各スーパーシンボルの識別に関する決定を行うのを待って、この情報を非重要ビットの回復に使用するというものである。（この場合、回転は不要である。）この方法は、非重要ビットに対するさらに複雑な符号の使用を可能にし、それによってさらに高いノイズ耐性を達成するという潜在的利点を有するが、受信機の処理遅延時間が長くなる。

【0048】多次元シンボルが使用された場合の復号化（例えば以下で説明される4次元の例）もまた同様の方法で実行される。

【0049】復号器231および232によって出力されるビットは、デスクランブラ241および242によってデスクランブルされる。これらのデスクランブラはそれぞれ、送信機内のスクランブラ110および111と反対の機能を実行する。次に、例えばCRTディスプレイに表示可能なようにフォーマットされた映像信号が、ソース復号器253によってデスクランブラ出力から生成され、これによってもとの映像情報すなわちインテリジェンスが回復される。その後、その信号がCRTディスプレイ260に送られる。

【0050】本発明の多くの変形が可能である。例えば、図8の2次元配置を考える。この配置は、4個のスーパーシンボルからなり、さらに各スーパーシンボルは8個のシンボルからなる。この配置は $m=1$ 、 $k=2$ （すなわち、バンド幅効率はシグナリング間隔あたり3情報ビットであり、最重要ビットが全体の33.3%を構成する）を有するシステムで使用可能であり、この場合各チャンネル符号器は1個の冗長ビットを導入する（すなわち、 $r=2$ および $p=3$ ）。しかし、バンド幅効率を高めるため、この同一の配置がシグナリング間隔あたり4情報ビットをサポートする4次元符号の基礎として使用されることが可能である。

【0051】特に、4次元配置は、図8の配置をそれ自身と連結することにより、各4次元シンボルが、2次元配置から選択された第1ポイントと、それに連結された第2ポイントからなるように構成される。（ここでは、図8の2次元配置の要素を表すのに「ポイント」という



言葉を使用することにより、次元にかかわらず一貫してここで「シンボル」と呼んでいる符号化された実体から区別する。同様に「スーパーポイント」という言葉を使用する。)

【0052】4次元の場合、 $m=3$ 、 $k=5$ の情報ビットがチャネル符号器114および115にそれぞれ入力され、各シンボル間隔は持続時間 $2T$ である。これによって、シグナリング間隔あたり平均4情報ビット(すなわち、シンボル間隔あたり8情報ビット)が実現される。この場合の重要ビットは、情報ビットのうちの $3/$

$(3+5)=3/8=37.5\%$ を構成する。

【0053】図9は、この4次元の実施例に対するチャネル符号器114および115の構造を示す。符号器114は、3ビットの入力に1個の冗長ビットを付加し、2ビット出力のペアを生成する。これらはそれぞれ図8からの第1および第2スーパーポイントを識別する。伝送される4次元シンボルの第1ポイントは、この第1スーパーポイントから選択され、伝送される4次元シンボルの第2ポイントは、この第2スーパーポイントから選択されることになる。

【0054】非重要ビットはこの選択を実行するために使用される。特に、符号器115は、リード線113上の5ビット入力に1個の冗長ビットを付加して2個の3ビット出力を生成し、これらはそれぞれ上記のように、符号器114によって識別された第1および第2スーパーポイントから特定のポイントを選択する。

【0055】チャネル符号器114および115内での実際の符号化を実行するための特別の回路が図10に示されており、そのビット変換器は図11の表に従って動作する。

【0056】さまざまな $d_1/d_2$ の値で本実施例によって実現される相対性能が図7に示されている。最重要ビットが全体のうちのさらに低い割合(第1実施例の50%に対し本実施例では37.5%)を構成する場合は、さらに高い符号化利得が最重要ビットに対して達成可能である。

【0057】図8に基づく符号化変調方式のもう1つの特性(全符号の次元によらない)は、図4および図12(後者は以下で説明される)に示されるように、最重要ビットのインパルス・ノイズに対する他の配置よりも高い耐性を実現することが期待される符号化変調方式の使用が可能となるということである。その理由は、さまざまなスーパーポイントの相対的な位置は、振幅ではなく、角度情報のみに基づいて定義されることが可能だからである。

【0058】図8の型の配置に基づいた符号化変調方式において、最重要ビットのインパルス・ノイズに対するさらに進んだ保護は、符号器によって近接して生成されるビットが、システム遅延条件が満たされる範囲内でできるだけ分離されるように、チャネル符号器114によ

って出力されるビットを再配置することによって達成される。この目的のため、チャネル符号器114は、この再配置を実行するビット・インタリーブを含む。これは図15に示されている。(もちろん、受信機内では、相補的なデインタリーブが、チャネル復号器231の前で使用される。)

【0059】一方では、スーパーシンボルの正しいシーケンス間のユークリッド距離がそれらのスーパーシンボルのシーケンスに付随するビットのシーケンス間のハミング距離に(可能なスケール因子を除いて)等しいような符号化変調方式(上記の符号化変調方式の場合)においては、ビットのこのような再配置は、付加的な白色ガウシアン・ノイズに対して符号の性能が劣化することはない。

【0060】しかし、他方では、このような再配置は、インパルス・ノイズに対しては高い耐性を有する。これは、インパルス・ノイズのバースト性の結果である。

(高いインパルス・ノイズ耐性は、2次元信号ポイントを伝送前に再配置することによって、上記の基準を満たさない符号化変調方式(例えば、ここで説明されたさまざまな他の方式)においても実現可能である。しかし、この方法は、ビットの再配置よりもやや有効性が低い。)

【0061】もう1つの例として、例えば、図12の2次元配置を考える。これは8個のスーパーシンボルからなり、さらに各スーパーシンボルは4個のシンボルからなる。この配置は、 $m=2$ 、 $k=1$ (すなわち、バンド幅効率率はシグナリング間隔あたり3情報ビットであり、重要ビットは全体の66.7%を構成する)を有し、各チャネル符号器が1個の冗長ビットを導入する(すなわち、 $r=3$ および $p=2$ )2次元シグナリング方式において使用可能である。

【0062】しかし、前記のように、バンド幅効率率を高くするため、この同一の配置が4次元符号の基礎として使用される。この場合、シグナリング間隔あたり平均4情報ビットに対し、 $m=5$ および $k=3$ となる。この場合の重要ビットは情報ビットの $5/8=62.5\%$ を構成する。本実施例は、最重要および非重要ビットに対するチャネル符号器が交換されていることを除いては、前記の例と同様である。最後に、図7から分かるように、最重要ビットの割合が増大すると、それらのビットに対する符号化利得が減少する。

【0063】また、本発明を実現するために使用される配置は、これまで説明されたすべての配置の場合のように必ずしも直角に配列されたポイントを有する必要はない。例えば、図14の配置は放射状に配列したポイントを有する。8個のスーパーシンボルが存在し、各スーパーシンボルは8個のシンボルからなる。従ってこの配置は $m=2$ 、 $k=2$ の2次元符号化変調方式をサポートすることができる。各スーパーシンボルは、角度情報のみ

に基づいて識別可能である。従って、この配置は、図8の配置のように、重要ビットのインパルス・ノイズに対する耐性が他の配置よりも大きいことが期待される符号化変調方式の使用を可能にする。

【0064】ここまでは、本発明の原理の単なる説明である。例えば、図1では、ただ1つの放送信号極性を使用されることが仮定されている。しかし、第1符号化回路セットと並列に第2ソース符号化データ・ストリームを符号化し、生じた符号化変調信号を第2極性を使用して伝送する第2符号化回路セットを使用することによって、本方式のバンド幅効率を2倍にすることが可能である。また、単一データ符号化レールが使用可能であるが、その速度は、2つの極性で交互に信号ポイントを伝送することによって2倍にすることができる。

【0065】ここで示されたすべての例では、非重要ビットが常に符号化されているが、これは必要ではない。すなわち、識別されたスーパーシンボルからシンボルを選択するために非符号化ビットを使用することができる。また、ここで示されたすべての例では、スーパーポイント間の最小距離 $d_1$ は常にポイント間の最小距離 $d_2$ よりも大きい、これは必要ではない。例えば、図8で $d_1$ は $d_2$ に等しくてもよい。

【0066】また、ここで示されたすべての例では2クラスのみのデータ要素が実現されているが、本発明はそうには制限されない。実際、非重要ビットのクラスを複数のサブクラスに分割し、それらのサブクラスの符号化に対して本発明の原理を直接適用することによって、所望される数のクラスのデータ要素が実現される。さらに、ここで示されたすべての例は、一度に3個または4個の情報ビットを符号化しているが、本発明はこれらに制限されるものではない。

【0067】ここで示された例では、符号器114および115は常に同一の次元であった。しかし、これは必要でない。例えば、重要データ要素に対して、所定の2次元配列のスーパーポイントのシーケンスを識別するために、2次元符号が使用可能である。従って、非重要データ要素に対しては、そのシーケンスからのスーパーポイントの連続するペアからポイントを選択するために、4次元符号が使用可能となる。逆に、重要データ要素に対して4次元符号が、非重要データ要素に対して2次元符号を使用することもできる。

【0068】ここで示された例では、符号器114および115は常に8状態トレリス符号を実現していた。しかし、これは必要でない。8状態以外を有する符号も同様に使用可能である。さらに、他の型の符号（例えば、ブロック符号）を、トレリス符号の代わりに使用することができる。

【0069】あるアプリケーションでは、チャネル妨害による受信信号の位相回転の可能性に備えることが所望される。このアプリケーションでは、この問題に対処す

るため、差分符号化回路をチャネル符号器114内に含むことが可能である。

【0070】さらに、本発明は、ここでは、デジタル映像伝送システムに関して説明された。しかし、本発明は他の型のデジタル伝送システムに対しても同様に適用可能である。さらに、ここでは特定の配置が示されたが、任意の所望される次元を有する多くの他の配置が使用可能である。

【0071】また、本発明はここでは、離散的機能構成ブロック（例えば、ソース符号器、スクランブラなど）で実現されたが、それらの構成ブロックのいくつかの機能は、いくつかの適当なプログラムされたプロセッサ、デジタル信号処理(DSP)チップなどを使用して実行されることが可能である。従って、「特許請求の範囲」に列挙されたさまざまな「手段」は、ある実施例では、それぞれその手段のみの機能を実行するために特別に設計された特定の回路に対応するが、他の実施例では、この「手段」は、プロセッサ・ベースの回路と、その回路に当該機能を実行させる格納プログラム命令の組合せに対応することもある。

【0072】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明によれば、ソース符号化ステップで生成された相異なるクラスのデータ要素に対して、相異なるレベルの誤り保護を与える方式が実現される。この方式は、符号化変調（例えば、トレリス符号化変調）の使用によって高度なノイズ耐性を有する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理を実現する送信機のブロック図である。

【図2】図1の送信機によって伝送される伝送信号に対する受信機のブロック図である。

【図3】従来の信号配置の図である。

【図4】図1の送信機によって使用される信号配置の例の図である。

【図5】図4の配置に対するビット割当方式の図である。

【図6】図1の送信機で使用可能な型のトレリス符号器の図である。

【図7】本発明のさまざまな実施例の性能を比較した表である。

【図8】図1の送信機で使用可能なもう1つの信号配置の図である。

【図9】図1の送信機で使用可能なもう1つの型のトレリス符号器の図である。

【図10】図1の送信機で使用可能なもう1つの型のトレリス符号器の図である。

【図11】図9および図10のトレリス符号器で 사용되는ビット・パターンである。

【図12】図1の送信機で使用可能なさらにもう1つの

信号配置の図である。

【図13】図1の送信機で使用可能なもう1つの型のトレリス符号器の図である。

【図14】図1の送信機で使用可能なさらにもう1つの信号配置の図である。

【図15】高度なインパルス・ノイズ耐性を有するように、図1の送信機のチャンネル符号器のうちの1つにビット・インタリーブを付加する方法を示す図である。

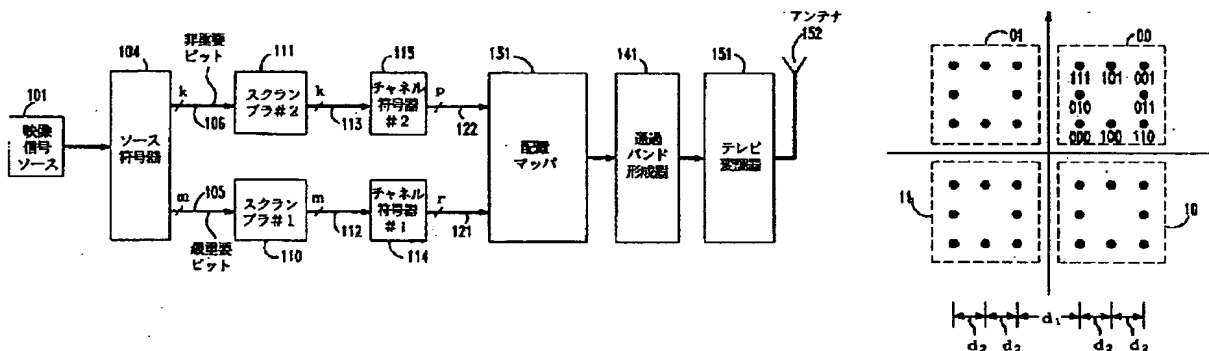
【符号の説明】

101 映像信号ソース  
104 ソース符号器  
110 スクランプラ  
111 スクランプラ  
114 チャンネル符号器  
115 チャンネル符号器

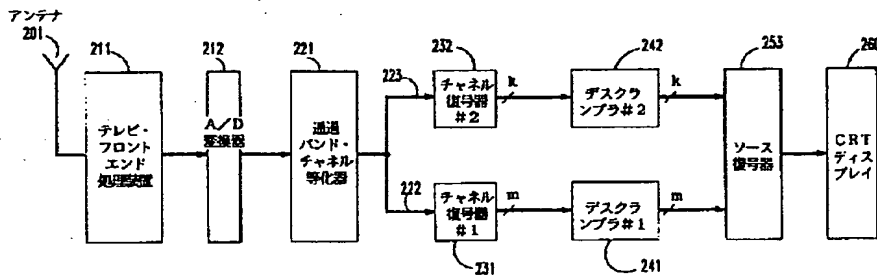
131 配置マップ  
141 通過バンド形成器  
151 テレビ変調器  
152 アンテナ  
201 アンテナ  
211 テレビ・フロントエンド処理装置  
212 A/D変換器  
221 通過バンド・チャンネル等化器  
231 チャンネル復号器  
232 チャンネル復号器  
241 デスクランブラ  
242 デスクランブラ  
253 ソース復号器  
260 CRTディスプレイ

【図1】

【図8】

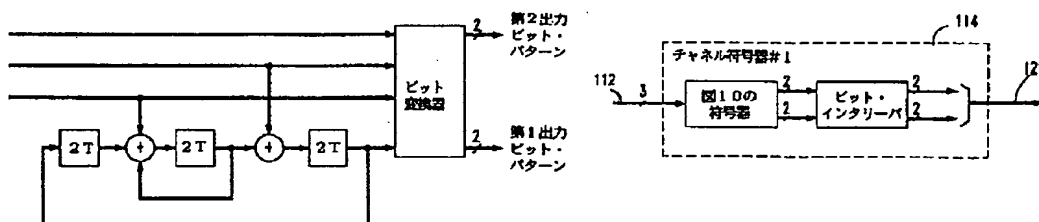


【図2】

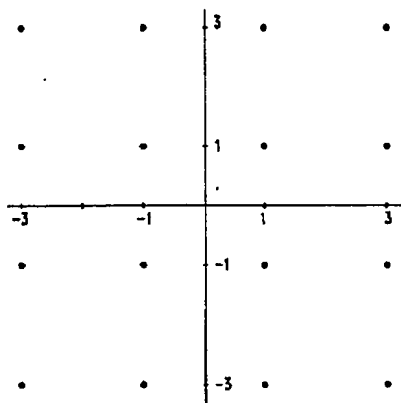


【図10】

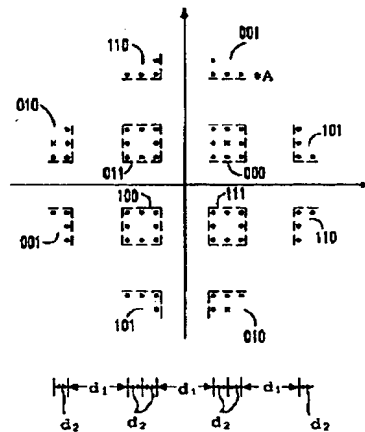
【図15】



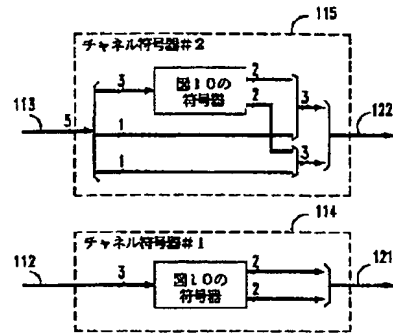
【図3】



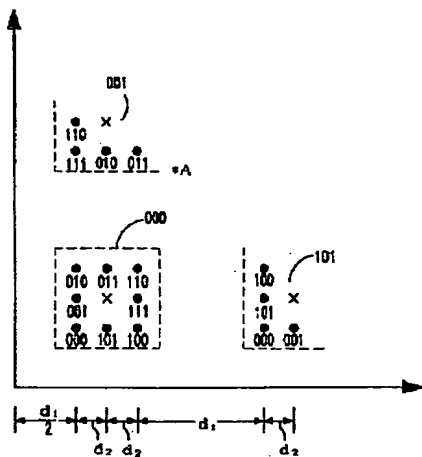
【図4】



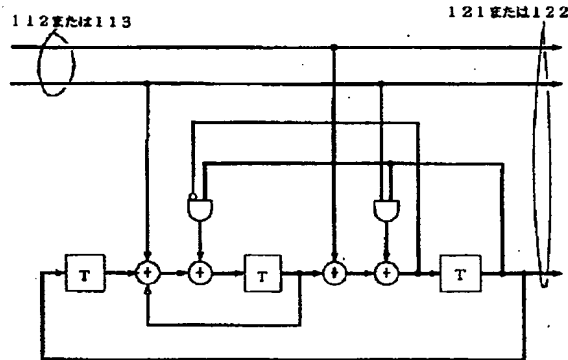
【図9】



【図5】



【図6】



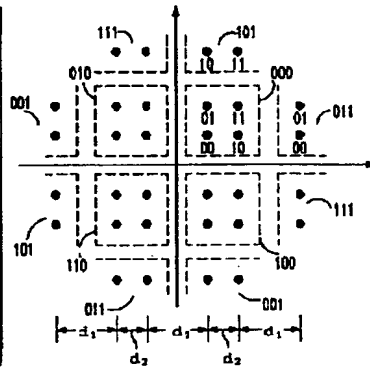
【図7】

2次元配置	$d_1/d_2$	最重要ビットの割合 (%)	チャネル符号器	最重要ビットの符号化利得 (dB)	非重要ビットの符号化利得 (dB)
図4	2.5	50	図6	5.7	-2.8
図4	3.5	50	図6	6.6	-4.6
図8	2	37.5	図9	7.3	-0.1
図8	3	37.5	図9	9.1	-1.8
図8	4	37.5	図9	10.2	-3.2
図12	2	62.5	図13	5.1	-1.1
図12	3	62.5	図13	5.9	-3.5

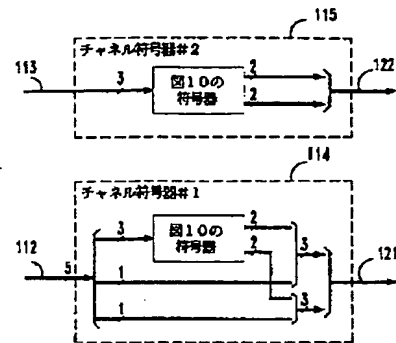
【図11】

ビット変換器の入力 ビット・パターン	第1出力ビット・ パターン	第2出力ビット・ パターン
0000	00	00
0001	00	01
0010	00	11
0011	00	10
0100	01	01
0101	01	11
0110	01	10
0111	01	00
1000	11	11
1001	11	10
1010	11	00
1011	11	01
1100	10	10
1101	10	00
1110	10	01
1111	10	11

【図12】



【図13】



【図14】

